

Contexte de la demande de dérogation

Emblématique des montagnes européennes, l'Apollon (*Parnassius apollo*) a régressé au cours du XX^e siècle. Considérée comme Vulnérable (VU) à l'échelle mondiale, Cette espèce quasi-menacée (NT) en Europe, est actuellement, en Préoccupation mineure (LC) en France (UICN) ; il n'en demeure pas moins que nombre de populations de l'Apollon déclinent. La preuve en est, les "sous-espèces" du Massif central, *Parnassius apollo lioranus* et *Parnassius apollo lozerae* qui sont actuellement considérées comme En danger (EN) sur la liste rouge des espèces menacées de France. La France possède donc une responsabilité dans la conservation et la connaissance de cette espèce à l'échelle européenne.

Ce constat nous a amené en 2018 avec l'aide des parcs naturels régionaux de Chartreuse, du Vercors, des Bauges et des réserves naturelles qui leur sont associées ainsi que celle de Chastreix-Sancy en Auvergne à réaliser une première étude génétique. Les principaux résultats ont montré clairement que les populations sur ces massifs étaient pour la plupart en déclin et que génétiquement il n'y avait pratiquement pas de différence entre les populations des massifs étudiés dans les Alpes, mais que la population auvergnate était bien différenciée (Kebaili et al 2022). Avec la mise en place du PNA Papillons de jour et grâce à une collaboration d'envergure avec tous les parcs, réserves et associations des territoires concernés, nous avons élargi cette étude à l'ensemble des massifs français (94 sites échantillonnés, 333 individus génotypés au total). Nous avons montré que les populations d'Apollon sont clairement différenciées par massif, confirmant la distinction entre les sous espèces *lioranus* et *lozerae* en Auvergne et Cévennes respectivement (Figure 1A), mais soulignant l'homogénéité génétique de l'Apollon sur l'ensemble des massifs des Alpes du Sud (Figure 1B), ce qui suggère une histoire relativement récente de colonisation des massifs alpins, depuis le massif du Jura.

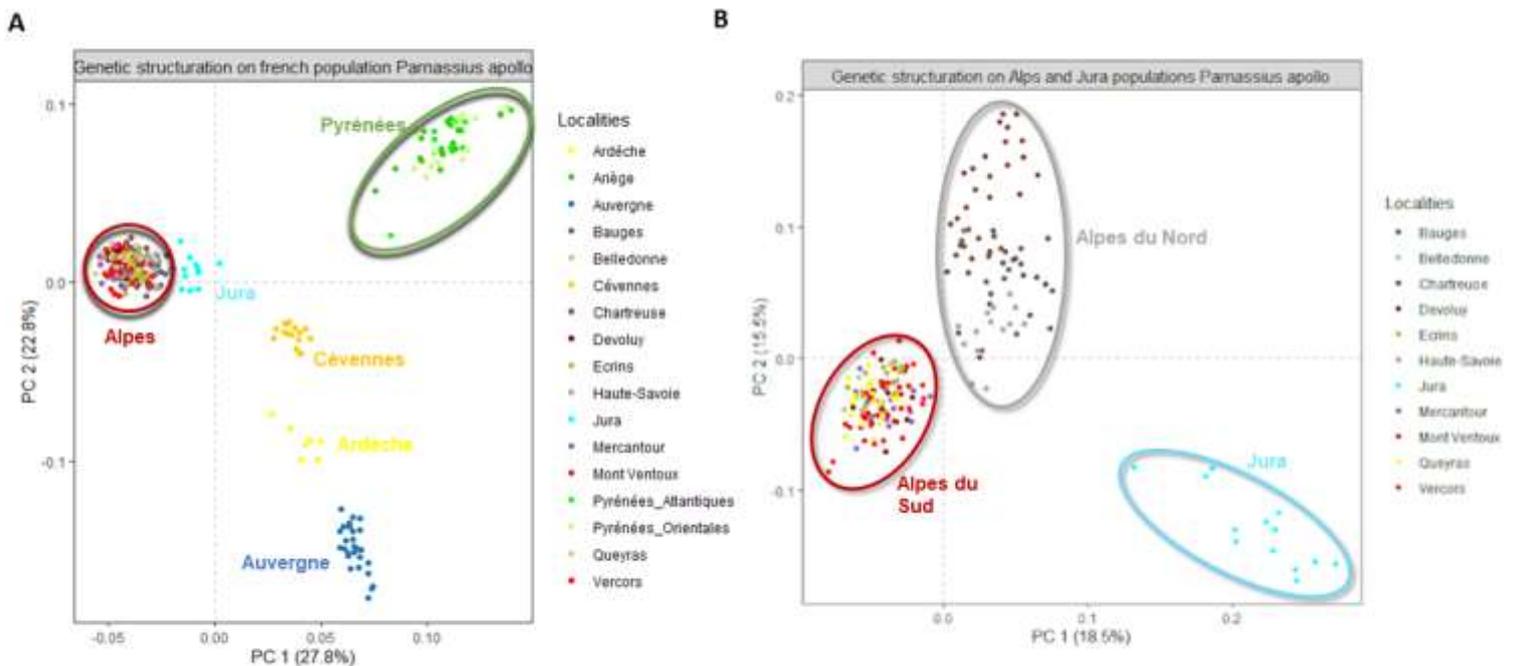


Figure 1 : Structure génétique de la population française d'Apollon (A) et focus sur les Alpes et le Jura (B). Chaque point correspond à un individu, coloré en fonction de son massif d'échantillonnage.

Nous avons mis en évidence 32 gènes dont la variation est associée au climat, ce qui suggère une adaptation locale, les populations du sud des Alpes, des Cévennes et des Pyrénées Atlantiques possédant des allèles adaptés au chaud et sec, alors que les populations du Jura et du Nord des Alpes possèdent les variants alternatifs adaptés au froid et aux précipitations (Figure 2).

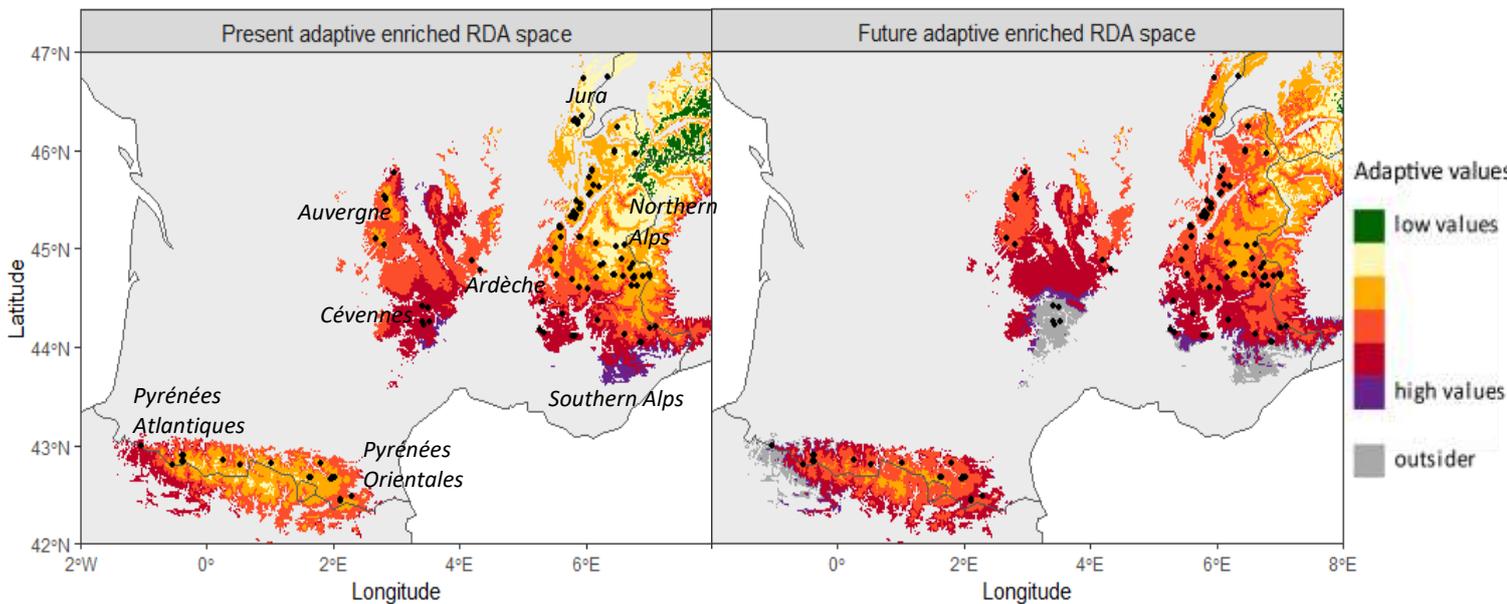


Figure 2 : Composition génétique (32 loci adaptatifs) des populations d’Apollon dans les massifs Français, et projection de la composition nécessaire pour se maintenir dans leur habitat dans les conditions climatiques futures (projection 2060-2080). En grisé, les zones où les conditions climatiques seront en dehors de la niche climatique actuelle. En rouge, les zones où les allèles ‘chaud’ sont présents/seront nécessaires, en vert celles où sont présents/seront nécessaires les allèles ‘froid’ dans les conditions climatiques actuelles/futures.

Pour se maintenir dans leurs habitats actuels, la composition génétique des populations va devoir changer en faveur des allèles ‘chaud’, Il est donc indispensable de maintenir une bonne connectivité entre populations afin que les allèles adaptatifs puissent circuler à l’échelle des massifs. Ces gènes de l’adaptation ont été identifiés par corrélation entre variabilité génétique et climatique, mais pour démontrer que les populations du sud sont mieux adaptées au réchauffement climatique que les populations du Nord, il faudrait montrer que le stade de vie le plus exposé aux variations climatiques, l’œuf, pondu en été et qui passe l’hiver, est plus résistant à un choc thermique dans les populations du Sud que dans celles du Nord. Nous allons mettre en place une expérimentation d’exposition des œufs au chaud (entre 40 et 50°C pendant une heure) afin de mesurer la survie différentielle (taux d’éclosion) des oeufs provenant de populations de climat chaud et sec (Mont du Vaucluse, Mercantour, Cévennes) *versus* froid et humide (Haute Savoie, Jura, Auvergne). Nous avons déjà mené avec succès une expérience de tolérance au chaud des oeufs sur d’autres espèces de papillons alpins (*Coenonympha arcania*, *C. garetta*, *C. cephalidarwiniana* et *C. darwiniana* ; Doniol-Valcroze et al 2024).

Objectifs :

L’objectif de cette demande de dérogation est de faire **pondre des femelles** des populations de climat chaud et sec (Mont du Vaucluse, Mercantour) et de climat froid et humide (Savoie ou Haute Savoie, Jura) pendant 24h puis les relâcher, afin de tester l’hypothèse d’adaptation locale (thermique) chez l’Apollon, et de déterminer quelles sont les populations les plus vulnérables au réchauffement climatique, et les températures critiques pour l’espèce. Cela permettra de mettre en oeuvre des mesures de conservation ciblées, et d’identifier les populations adaptées qui pourraient servir comme source d’allèles adaptés (sauvetage génétique), en améliorant la connectivité entre populations (vulnérable/source), ou en procédant à des transplantations d’individus.

À terme, le but de ce projet est de pouvoir connaître tant à l’échelle nationale que locale les enjeux de conservation pour cette espèce et ainsi agir efficacement (liste rouge, actions de gestion, renforcement de population, etc.).

Il s’agit donc essentiellement d’un objectif de recherche.

I- Sites et protocole

A - les sites

Notre objectif vise à obtenir sur les 3 années de la demande (2024-2026) 300 œufs par population (provenant de 10 femelles ; une femelle Apollon pond entre 100 et 300 oeufs) de 4 populations, chaque population pouvant être représentée par plusieurs sites d'échantillonnage en fonction de la densité localement observée l'année de l'échantillonnage.

Deux populations de climat chaud et sec :

Population 1 : sites dans les Monts du Vaucluse (26 ou 84),

Population 2 : sites dans les Gorges de Daluis ou Isola (06) ou gorges de St Pierre (04).

Deux populations de climat froid et humide :

Population 3 : Haute Savoie (74) ou Savoie (73)

Population 4 : Jura (La Pesse)(39)

Nous feront pondre des femelles sur le terrain (dans des cages) ou à proximité immédiate (lieu de notre hébergement à proximité immédiate du lieu de prélèvement) et les relâcheront après avoir récupéré les œufs pour mener l'expérience d'exposition au chaud/ froid au LECA. Flora Lambert-Auger et Laurence Després (LECA) réaliseront ces expériences. Les sites seront choisis en fonction des effectifs observés en 2024, 2025 et 2026.

Au total 1200 oeufs maximum collectés pendant les 3 saisons de terrain 2024-2026.

La demande de prélèvement et transport d'oeufs d'Apollon concerne **3 régions et 4 grandes populations** : Drôme, région AuRA ; Haute-Savoie ou Savoie, région AuRA ; Jura, région Bourgogne Franche Comté ; et Vaucluse, Mercantour/gorges de Daluis, région PACA.

B - Méthodologie

Tolérance thermique des oeufs

Pour les expériences de tolérance thermique des oeufs, nous choisirons uniquement des populations de grande taille (au minimum 1000 individus estimés) afin de limiter l'impact démographique de la soustraction de quelques centaines d'oeufs. Les populations (et sites) retenues pour le prélèvement des oeufs ont été analysées en génétique et ont des tailles estimées de plusieurs milliers d'individus. Cette forte densité est confirmée par les observations de terrain des gestionnaires et collecteurs des années précédentes. Nous choisirons les sites précis d'échantillonnage en fonction de l'effectif observé sur le terrain, avec éventuellement plusieurs sites d'échantillonnage pour une même population. Dix femelles seront attrapées par population avec un filet à papillon et mises en cage individuelle avec de l'eau additionnée de miel *ad libitum* pendant 24h-48h (objectif : obtenir 300 oeufs par site), puis relâchées sur le lieu de leur capture. Les œufs seront ramenés au LECA et après 3 semaines (temps de développement de la petite chenille dans l'oeuf) exposés pendant une heure à un gradient de température chaude (40 à 50°C, Doniol-Valcroze et al 2024), ou à un choc thermique froid (1h à -10°C, afin de simuler un épisode de gel), puis ramenés à température ambiante en présence de la plante-hôte. Le taux de mortalité des petites chenilles en fonction du choc thermique subi par les oeufs sera analysé et comparé entre populations. Les chenilles obtenues seront élevées au laboratoire, et serviront de base à la mise en place d'un élevage pérenne au LECA permettant d'éviter de futurs prélèvements dans les populations naturelles. Par principe de précaution, nous ne relâcherons pas les individus issus d'élevage dans la nature pour ne pas propager d'éventuels agents pathogènes cryptiques. Nous bénéficierons pour la mise en place de l'élevage au LECA de l'expérience de Jean-Pierre Vesco qui est éleveur de papillons dans le Vaucluse et est détenteur d'une capacitation.

C - Résultats attendus

- Des éléments de connaissance sur l'histoire évolutive des populations de *Parnassius apollo* dans les massifs montagneux français
- Une estimation de leur taille, du taux de consanguinité, et des flux géniques entre populations et entre massifs.
- Une caractérisation des facteurs environnementaux (altitude, température, précipitations, type d'habitat, degré de fragmentation...) qui influent sur la dispersion et la survie de cette espèce.

- Tolérance thermique des œufs des différentes populations : première preuve d'une adaptation locale chez l'Apollon.
- Prédire le risque de maladaptation des populations face au réchauffement climatique.
- Proposer des actions en faveur de leur conservation (restauration d'habitat, amélioration de la connectivité paysagère, transplantation d'individus...).

II- La valorisation des résultats

Elle sera réalisée par différents outils de communication scientifiques et également à l'attention du grand public, comme le LECA le fait régulièrement. Un article a été publié sur les résultats de la saison d'échantillonnage 2018 en région AuRA ([Kebaili et al 2022](#)). Une vidéo présentant les résultats obtenus sur la vulnérabilité génétique de l'Apollon au réchauffement climatique est d'ores et déjà accessible à tous : <https://www.vertigestudios.com/apollon>

- Ce travail étant réalisé dans le cadre d'une thèse au LECA, au moins une publication scientifique est prévue à l'issue de l'étude.
- Les résultats des travaux de génétique des populations du LECA ont été régulièrement présentés lors des Comité de Pilotage nationaux de PNA Papillons (Décembre 2021 et Janvier 2024) et régionaux PRA (AuRa, Septembre 2019 ; PACA, Mars 2021; AuRA Janvier 2022) et continueront à l'être au fur et à mesure de leur avancement.
- Vis à vis du grand public, il est prévu de communiquer largement sur les résultats via les outils de communication du pôle invertébrés et de l'INPN : site internet, articles de vulgarisations, vidéos, etc.
- Les résultats de cette étude seront également communiqués de manière large à l'ensemble du réseau d'acteurs de l'environnement.

III- Planning prévisionnel

Les sessions d'échantillonnage commenceront en mai et se termineront en Aout. Compte tenu du caractère aléatoire des campagnes d'échantillonnage nous demandons une dérogation sur 3 années (Mai 2024-Septembre 2026).

IV- Moyens humains

Laboratoire d'écologie alpine (LECA)

- > Després Laurence / Enseignant-chercheur.
- > Lambert-Auger Flora / Doctorante
- > Jean-Pierre Vesco, qui dispose d'une capacitation à l'élevage de *Parnassius apollo*.

Il est à signaler que toutes les personnes ci-dessus sont formées à la capture et à la manipulation d'un papillon.